

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения
(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»
(наименование)

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных
производств»

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Технология машиностроения
(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Технологический процесс изготовления оправки для насадного зенкера

Обучающийся	<u>Д.С. Свистунов</u> (Инициалы Фамилия)	_____	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>канд. техн. наук, доцент А.А. Козлов</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	_____		
Консультанты	<u>канд. экон. наук, доцент Е.Г. Смышляева</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	_____		
	<u>канд. физ.-мат. наук, доцент Д.А. Романов</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	_____		

Тольятти 2024

Аннотация

В выпускной квалификационной работе разрабатывается технологический процесс изготовления оправки для насадного зенкера.

Цель работы заключается в проектировании технологии изготовления оправки для насадного зенкера на основе типовой технологии изготовления деталей данного класса и ее совершенствовании для максимального снижения затрат на изготовление в заданных производственных условиях.

Работа состоит из пяти разделов, выполненных на 65 страницах пояснительной записки и графической части, выполненной на 7 листах формата А1.

В первом разделе приведены исходные данные для проектирования и проведен их анализ для определения задач работы, которые необходимо выполнить для достижения ее цели.

Во втором разделе решены стандартные технологические задачи, такие как проектирование заготовки, разработка плана изготовления, определение технических средств оснащения технологического процесса, определение режимов резания и нормирование технологических операций.

В третьем разделе разработаны специальные технические средства оснащения, что позволило снизить время проведения операций за счет механизации процесса закрепления заготовки и внесения изменений в конструкцию режущего инструмента.

В четвертом разделе спроектированная технология изготовления оправки для насадного зенкера оценена на безопасность и экологичность ее выполнения с учетом применения предлагаемых специальных технических средств.

В пятом разделе произведена экономическая оценка предлагаемой технологии изготовления оправки и изменений, внесенных в нее. Установлено, что экономический эффект имеет положительное значение. Все предлагаемые решения признаны эффективными.

Содержание

Введение.....	4
1 Исходные данные и их анализ	5
1.1 Назначение и условия работы детали	5
1.2 Оценка технологичности детали	6
1.3 Анализ параметров типа производства.....	8
1.4 Постановка задач работы	10
2 Технологическая часть	11
2.1 Проектирование заготовки.....	11
2.2 Разработка плана изготовления	19
2.3 Технические средства оснащения	21
2.4 Определение режимов резания и нормирование	24
3 Разработка специальных технических средств оснащения	27
3.1 Разработка самоцентрирующих тисков	27
3.2 Разработка токарного резца	35
4 Безопасность и экологичность технического объекта	37
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта.....	37
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	38
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	40
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	42
4.5 Обеспечение экологической безопасности объекта	44
5 Экономическая эффективность работы	46
Заключение	50
Список используемой литературы и используемых источников.....	51
Приложение А Технологическая документация.....	54
Приложение Б Спецификации к сборочным чертежам	63

Введение

Тенденция развития современного машиностроительного предприятия направлена на повышение степени автоматизации производственных процессов. Высокая степень автоматизации, основанная на использовании современного технологического оборудования, позволяет существенно увеличить гибкость производства, производительность и качество обработки без увеличения производственных площадей и привлечения дополнительного персонала. Основой при автоматизации механообрабатывающего производства являются станки с числовым программным управлением. Данное оборудование является сложным техническим комплексом, в состав которого входит система инструментообеспечения. Для обеспечения высокой степени автоматизации используемый режущий инструмент должен быть взаимозаменяемым и обеспечивать настройку на размер вне станка. Рассматриваемая в работе оправка для насадного зенкера является одним из элементов инструментальной системы. Отсюда можно сделать вывод о важности данной детали для работоспособности технологического оборудования. Выполнение технических требований обеспечивается на стадии разработки технологии изготовления детали, путем применения соответствующих методов обработки и разработки оптимальных маршрутов. Другим немаловажным фактором, отражающим эффективность спроектированной технологии изготовления детали, являются ее экономические показатели. Наилучшие экономические показатели обеспечиваются путем правильной организации производственного процесса, эффективным использованием технологических средств оснащения с учетом особенностей предприятия.

Таким образом, цель работы заключается в проектировании технологии изготовления оправки на основе типовой технологии изготовления деталей данного класса и ее совершенствовании для максимального снижения затрат на изготовление в заданных производственных условиях.

1 Исходные данные и их анализ

1.1 Назначение и условия работы детали

Оправка является частью сборного зенкера. Используется для базирования и закрепления режущего инструмента. В процессе работы основной функцией оправки является передача крутящего момента со шпинделя станка на зенкер через конические поверхности хвостовика и базовой поверхности под установку зенкера. Оправка устанавливается в патрон, который в свою очередь установлен в шпиндель станка, по конусу Морзе.

Автоматическая линия работает в производственных помещениях, поэтому влияние внешних атмосферных факторов на оправку исключено. Часть оправки находится в закрытом корпусе патрона, что обеспечивает данным поверхностям хорошие эксплуатационные условия и полную изоляцию от воздействия внешних факторов. В тоже время конус под посадку зенкера и прилегающий к нему торец вследствие конструктивных особенностей компоновки оборудования контактирует с внешней средой. Таким образом, на данные поверхности могут воздействовать стружка, пыль и смазочно-охлаждающая жидкость. Это может привести к возникновению очаговой коррозии и повреждению поверхностей оправки.

Следует учесть и влияние температурного фактора на рассматриваемую деталь, возникающего в процессе резания. В условиях повышенных температур может возникнуть снижение несущей способности исполнительных поверхностей оправки. Это может привести к появлению очагов преждевременного износа на них.

В целом следует отметить, что функциональное назначение оправки является типовым для деталей данного класса, а условия эксплуатации можно охарактеризовать как приемлемые.

1.2 Оценка технологичности детали

«Технологичность один из важнейших показателей детали, который характеризует эффективность ее производства в конкретных производственных условиях. Оценка технологичности производится исходя из характеристик материала детали, особенностей ее конструкции, формы и характеристик заготовки, особенностей технологии обработки» [11].

«Рассмотрим основные характеристики используемого для изготовления детали материала. Химический состав стали 20Х ГОСТ 4543-71: углерода от 0,17 до 0,23%, хрома от 0,7 до 1,0%, никеля от 0 до 0,3%, марганца от 0,5 до 0,8%, кремния от 0,17 до 0,37%, меди не более 0,3%, серы не более 0,035%, фосфора не более 0,035. Физико-механические свойства: предел текучести 640 МПа, предел прочности 780 МПа, относительное удлинение 11%, относительное сужение 40%, твердость по шкале Бринелля от 179 до 189 единиц» [22]. Данные характеристики стали позволяют получить удовлетворительные показатели резания на операциях механической обработки. Исходя из химического состава стали, наиболее рационально для получения ее заготовки применять методы обработки давлением.

К конструктивным особенностям детали можно отнести большую разницу шеек в диаметрах и наличие двух конических поверхностей имеющих большую протяженность. Это потребует внесения изменений в типовой технологический процесс обработки, но при этом применения специальных методов обработки не потребуется. Немаловажным при оценке конструкции детали является определение служебного назначения ее поверхностей. Для этого приведем эскиз детали (рисунок 1) и классифицируем поверхности (таблица 1).

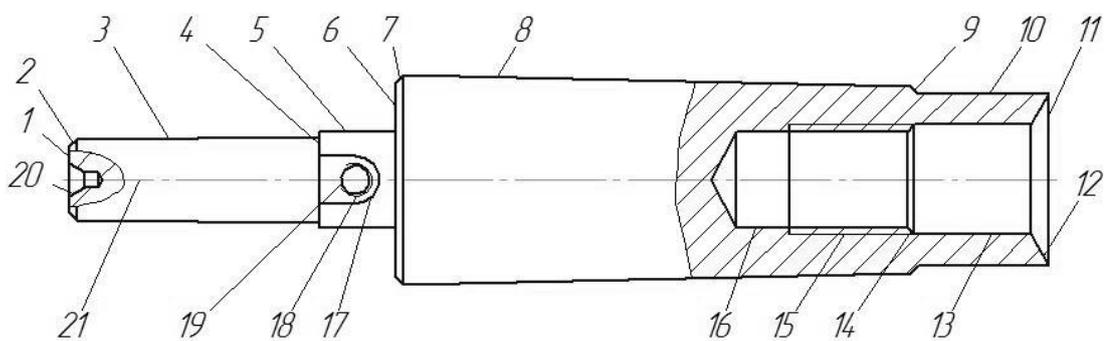


Рисунок 1 – Эскиз корпуса насадного режущего инструмента

Таблица 1 – Классификация поверхностей

Вид поверхности	Номер поверхности
Основные конструкторские базы	8
Вспомогательные конструкторские базы	3
Исполнительные поверхности	3, 8, 18, 15
Свободные поверхности	все оставшиеся

Количество ответственных поверхностей незначительное, но их получение требует применения точной обработки.

Форма заготовки обусловлена особенностями конструкции детали, которые делают заведомо нерентабельным применение для получения заготовки проката. В данном случае возможно исключительно применение методов обработки давлением. Исходя из анализа всего приведенного комплекса ограничений и данных источника [13], приходим к выводу, что для получения заготовки рассматриваемой детали наиболее рационально применение методов штамповки в открытых штампах и на кривошипном горячештамповочном прессе.

Технологичность механической обработки оценивается возможностью достижения требуемых характеристик детали. Достижение требуемых характеристик поверхностей детали в данном случае возможно путем применения стандартных методов обработки. Заметим, что имеется большое количество точных поверхностей, что потребует применения дорогостоящих

финишных методов обработки. Базирование заготовок, исходя из формы детали, можно производить по различным поверхностям, с применением искусственных технологических баз в виде центровых отверстий.

Проведенный анализ детали позволяет сделать вывод о высокой степени ее технологичности. К недостаткам можно отнести наличие точных поверхностей, большой перепад диаметров шеек и наличие двух конических поверхностей имеющих большую протяженность, что вызовет ряд трудностей при проектировании технологии изготовления. В частности это потребует применения дорогостоящих методов обработки и разработки схем базирования, а также средств технологического оснащения реализующих их, с учетом особенностей конструкции детали.

1.3 Анализ параметров типа производства

Параметры типа производства определяют не только его организационные особенности, но и стратегию проектирования технологии изготовления детали.

«Определяем тип производства. Годовая программа выпуска деталей 5000 штук при массе 1,3 кг соответствует среднесерийному типу производства» [7].

Основные организационные параметры данного типа производства:

- передача заготовок от одной операции к другой партиями с различной продолжительностью пролеживания между ними,
- формирование участков по технологическому признаку оборудования,
- использование универсального и специализированного оборудования,
- «использование стандартизированной оснастки» [7],
- использование стандартного и широкоуниверсального режущего инструмента,

- высокая квалификация персонала.

«Основные особенности проектирования технологии изготовления в условиях среднесерийного типа производства» [7]:

- использование типовых технологических процессов в качестве аналогов,
- применение последовательной стратегии проектирования,
- соблюдение принципа концентрации переходов при проектировании технологических операций,
- применение аналитического и опытно-статистического методов определения припусков на обработку,
- применение заготовок максимально приближенных по форме к готовой детали,
- определение режимов резания и нормирование расчетно-аналитическим или статистическим методами в зависимости от требуемой точности,
- достижение точности обработки путем предварительной настройки на размер,
- соблюдение основных положений теории базирования при проектировании технологических операций.

При проектировании технологического процесса будем придерживаться данных рекомендаций. Заметим, что в ряде случаев допускается отклонение от них. Например, допускается применение специальных средств технологического оснащения, в случае если стандартные средства технологического оснащения отсутствуют или применение специальных средств технологического оснащения позволяет сократить производственные затраты.

Следует учесть, что в соответствии с современными тенденциями развития в условиях среднесерийного типа производства широко применяются станки с числовым программным управлением. Их применение приводит к необходимости более тщательной проработки технологической

документации, повышению уровня автоматизации всех производственных процессов, использованию современных средств диагностики оборудования и процесса обработки, например, адаптивных систем. Также повышаются требования к средствам технологического оснащения.

1.4 Постановка задач работы

Сформулируем задачи работы.

«Необходимо выполнить проектирование заготовки. Решение этой задачи потребует произвести выбор метода получения заготовки, определения маршрутов обработки поверхностей, припусков на обработку и технологических напусков, а также характеристик заготовки» [11]. «Для проектирования технологии изготовления необходимо определить маршрут изготовления детали, разработать схемы базирования на технологических операциях, выбрать средства технологического оснащения, определить режимы резания и выполнить нормирование технологических операций» [11]. «Необходимо разработать специальные технические средства оснащения, которые позволят сократить время на ряде операций» [11]. «Спроектированную технологию необходимо оценить на безопасность и экологичность ее выполнения с учетом применения предлагаемых специальных технических средств» [11]. «Необходимо произвести экономическую оценку предлагаемой технологии изготовления и изменений, внесенных в нее» [11].

«В данном разделе рассмотрены имеющиеся исходные данные и проведен их анализ. Были оценены условия работы, служебное назначение, технологичность детали, определен тип производства и его основные характеристики. На основе полученных результатов определены основные задачи работы, выполнение которых позволит достичь сформулированной во введении цели» [11].

2 Технологическая часть

2.1 Проектирование заготовки

Проектирование заготовки начинается с этапа выбора метода ее получения. Вопрос выбора метода получения заготовки подразумевает наличие вариантов. В ходе проведения анализа технологичности часть методов получения была отброшена как заведомо невыгодные или технически не реализуемые. В результате для выбора остались «метод штамповки в открытых штампах и метод штамповки на кривошипном горячештамповочном прессе» [5]. Выбор из этих двух методов можно сделать путем сравнения себестоимости получения заготовок. Однако, дешевая заготовка может привести к удорожанию готовой детали, так как увеличиваются напуски на обработку и, как следствие этого, стоимость механической обработки. В идеальном случае необходимо оценивать не стоимость заготовки, а стоимость изготовления детали из данной заготовки. В этом случае требуется полная разработка всех технологических процессов для сравниваемых вариантов. В условиях среднесерийного типа производства проектирование таким методом нецелесообразно, поэтому применяется упрощенная методика [11].

«Затраты на получение детали рассчитываются с использованием выражения:

$$C_T = C_{ЗАГ} \cdot Q + C_{МЕХ} \cdot (Q - q) - C_{ОТХ} \cdot (Q - q), \quad (1)$$

где $C_{ЗАГ}$ – стоимость получения заготовки анализируемым методом, руб.;

$C_{МЕХ}$ – стоимость снятия стружки, руб.;

$C_{ОТХ}$ – стоимость одного кг стружки, руб.;

Q – масса заготовки, кг;

q – масса детали, кг» [11].

«Стоимость получения заготовки анализируемым методом:

$$C_{\text{ЗАГ}} = C_{\text{ШТ}} \cdot h_{\text{T}} \cdot h_{\text{С}} \cdot h_{\text{В}} \cdot h_{\text{М}} \cdot h_{\text{П}}, \quad (2)$$

где $C_{\text{ШТ}}$ – цена за 1 кг заготовки, анализируемым методом, руб.;

h_{T} – коэффициент метода получения заготовки;

$h_{\text{С}}$ – коэффициент сложности метода получения заготовки;

$h_{\text{В}}$ – коэффициент массы заготовки;

$h_{\text{М}}$ – коэффициент марки материала;

$h_{\text{П}}$ – коэффициент годовой программы производства» [11].

$$C_{\text{ЗАГ}} = 75,12 \cdot 1,06 \cdot 0,7 \cdot 0,82 \cdot 2,2 \cdot 0,5 = 50,28 \text{ р.}$$

«Стоимость снятия стружки:

$$C_{\text{МЕХ}} = C_{\text{С}} + E_{\text{Н}} \cdot C_{\text{К}}, \quad (3)$$

где $C_{\text{С}}$ – текущие затраты на удаление одного кг стружки, руб.;

$C_{\text{К}}$ – капитальные вложения на один кг стружки, руб.;

$E_{\text{Н}}$ – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений» [11].

$$C_{\text{МЕХ}} = 3,56 + 0,1 \cdot 10,35 = 4,6 \text{ р.}$$

«Определение массы заготовки производится с использованием выражения:

$$Q = q \cdot K_{\text{Р}}, \quad (4)$$

где $K_{\text{Р}}$ – коэффициент, который учитывает характеристики метода получения заготовки» [11].

«Для метода штамповки в открытых штампах получаем:

$$Q = 1,6 \cdot 1,6 = 2,08 \text{ кг} \text{» [11].}$$

«Для метода штамповки на кривошипном горячештамповочном прессе:

$$Q = 1,3 \cdot 1,4 = 1,82 \text{ кг} \gg [11].$$

«Выполняем расчет затрат на получение детали для каждого из методов по формуле (1)» [11].

«Для метода штамповки в открытых штампах получаем:

$$C_{T1} = 50,28 \cdot 2,08 + 4,6(2,08 - 1,3) - 1,4(2,08 - 1,3) = 107,08 \text{ р.} \gg [11]$$

«Для метода штамповки на кривошипном горячештамповочном прессе:

$$C_{T2} = 50,28 \cdot 1,82 + 4,6(1,82 - 1,3) - 1,4(1,82 - 1,3) = 93,17 \text{ р.} \gg [11]$$

«Экономический эффект определяется с использованием выражения:

$$\mathcal{E} = (C_{T1} - C_{T2}) \cdot N, \quad (5)$$

где N – годовая программа выпуска, шт.» [11]

$$\mathcal{E} = (107,08 - 93,17) \cdot 4000 = 55640 \text{ р.}$$

«Метод штамповки на кривошипном горячештамповочном прессе более эффективен, поэтому дальнейшее проектирование заготовки выполняем для него» [5].

«Следующим этапом проектирования заготовки является определение припусков на обработку поверхностей. Для этого сначала необходимо решить задачу выбора маршрутов обработки поверхностей» [7].

Достижение одних и тех же параметров обработанной поверхности возможно путем применения различных маршрутов обработки. Отличие в применении того или иного маршрута заключается в его стоимости. На практике применяется методика определения маршрутов обработки поверхностей по суммарному коэффициенту относительных затрат [7]. «Результаты проектирования маршрутов обработки приведены в таблице 2» [11].

Таблица 2 – Маршруты обработки поверхностей

Поверхность	Точность	Шероховатость, мкм	Маршрут обработки
1	12	12,5	«фрезерование, термическая обработка» [7]
2	12	12,5	«точение чистовое, термическая обработка» [7]
3	6	0,16	«точение черновое, точение чистовое, термическая обработка, шлифование черновое, шлифование чистовое, полирование» [7]
4	12	12,5	«точение черновое, термическая обработка» [7]
5	12	12,5	«точение черновое, термическая обработка» [7]
6	12	12,5	«точение черновое, термическая обработка» [7]
7	12	12,5	«точение чистовое, термическая обработка» [7]
8	6	0,16	«точение черновое, точение чистовое, термическая обработка, шлифование черновое, шлифование чистовое, полирование» [7]
9	12	12,5	«точение черновое, термическая обработка» [7]
10	12	12,5	«точение черновое, термическая обработка» [7]
11	12	12,5	«фрезерование, термическая обработка» [7]
12	8	1,25	«сверление, термическая обработка, шлифование черновое» [7]
13	12	12,5	«сверление, термическая обработка» [7]
14	12	12,5	«сверление, термическая обработка» [7]
15	10	12,5	«резьбонарезание, термическая обработка» [7]
16	12	12,5	«сверление, термическая обработка» [7]
17	12	12,5	«фрезерование, термическая обработка» [7]
18	10	12,5	«резьбонарезание, термическая обработка» [7]
19	12	12,5	«сверление, термическая обработка» [7]
20	8	1,25	«сверление, термическая обработка, шлифование черновое» [7]

«Припуск на обработку поверхности диаметром $16h6(-0,011)$ мм с требуемой точностью можно определить расчетно-аналитическим методом» [18].

«Значение минимального припуска определяется по формуле:

$$z_{imin} = a_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}, \quad (6)$$

где a_{i-1} – глубина дефектного слоя после выполнения предыдущего перехода, мм;

Δ_{i-1} – величина суммарных пространственных отклонений поверхности на предыдущем переходе, мм;

ε_i – величина погрешности установки заготовки на текущем переходе, мм» [18].

$$\ll z_{1min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0,300 + \sqrt{0,300^2 + 0,025^2} = 0,601 \text{ мм.}$$

$$z_{2min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,200 + \sqrt{0,045^2 + 0,025^2} = 0,252 \text{ мм.}$$

$$z_{3min} = a_{\text{ТО}} + \sqrt{\Delta_{\text{ТО}}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,250 + \sqrt{0,028^2 + 0,012^2} = 0,180 \text{ мм.}$$

$$z_{4min} = a_3 + \sqrt{\Delta_3^2 + \varepsilon_4^2} = 0,150 + \sqrt{0,007^2 + 0,012^2} = 0,164 \text{ мм.}$$

$$z_{5min} = a_4 + \sqrt{\Delta_4^2 + \varepsilon_5^2} = 0,010 + \sqrt{0,003^2 + 0,012^2} = 0,022 \text{ мм} \gg [18].$$

«Значение максимального припуска определяется по формуле:

$$z_{i \max} = z_{i \min} + 0,5 \cdot (Td_{i-1} + Td_i), \quad (7)$$

где Td_i – допуск размера текущего перехода, мм;

Td_{i-1} – допуск размера предыдущего перехода, мм» [18].

$$\ll z_{1 \max} = z_{1 \min} + 0,5 \cdot (Td_0 + Td_1) = 0,601 + 0,5 \cdot (1,2 + 0,18) = 1,291 \text{ мм.}$$

$$z_{2 \max} = z_{2 \min} + 0,5 \cdot (Td_1 + Td_2) = 0,252 + 0,5 \cdot (0,18 + 0,07) = 0,377 \text{ мм.}$$

$$z_{3 \max} = z_{3 \min} + 0,5 \cdot (Td_{\text{ТО}} + Td_3) = 0,18 + 0,5 \cdot (0,11 + 0,027) = 0,249 \text{ мм.}$$

$$z_{4 \max} = z_{4 \min} + 0,5 \cdot (Td_3 + Td_4) = 0,164 + 0,5 \cdot (0,027 + 0,011) = 0,183 \text{ мм.}$$

$$z_{5 \max} = z_{5 \min} + 0,5 \cdot (Td_4 + Td_5) = 0,022 + 0,5 \cdot (0,011 + 0,011) =$$

= 0,033 мм» [18].

«Значение среднего припуска по переходам определяется по формуле:

$$z_{cpi} = 0,5 \cdot (z_{i \max} + z_{i \min}). \quad (8) \gg [18]$$

$$\ll z_{cp1} = 0,5 \cdot (z_{1 \max} + z_{1 \min}) = 0,5 \cdot (1,291 + 0,601) = 0,946 \text{ мм.}$$

$$z_{cp2} = 0,5 \cdot (z_{2 \max} + z_{2 \min}) = 0,5 \cdot (0,377 + 0,252) = 0,315 \text{ мм.}$$

$$z_{cp3} = 0,5 \cdot (z_{3 \max} + z_{3 \min}) = 0,5 \cdot (0,249 + 0,18) = 0,215 \text{ мм.}$$

$$z_{cp4} = 0,5 \cdot (z_{4 \max} + z_{4 \min}) = 0,5 \cdot (0,183 + 0,164) = 0,174 \text{ мм.}$$

$$z_{cp5} = 0,5 \cdot (z_{5 \max} + z_{5 \min}) = 0,5 \cdot (0,022 + 0,011) = 0,017 \text{ мм} \gg [18].$$

«Минимальные величины операционных размеров:

$$d_{(i-1)min} = d_{i \min} + 2 \cdot z_{i \min}. \quad (9) \gg [18]$$

«При выполнении термической обработки минимальный размер определяется по формуле:

$$d_{(to-1)min} = d_{(i-1) \min} \cdot 0,999. \quad (10) \gg [18]$$

«Максимальные величины операционных размеров:

$$d_{(i-1)max} = d_{(i-1)min} + Td_{i-1}. \quad (11) \gg [18]$$

«Средние величины операционных размеров:

$$d_{i \text{ cp}} = 0,5 \cdot (d_{i \max} + d_{i \min}). \quad (12) \gg [18]$$

«Ниже приведены результаты проведения расчетов.

$$d_{5min} = 17,989 \text{ мм.}$$

$$d_{5max} = 18,000 \text{ мм.}$$

$$d_{5cp} = 0,5 \cdot (d_{5max} + d_{5min}) = 0,5 \cdot (18,000 + 17,989) = 17,995 \text{ мм.}$$

$$d_{4min} = d_{5min} + 2 \cdot z_{5min} = 17,989 + 2 \cdot 0,164 = 18,317 \text{ мм.}$$

$$d_{4max} = d_{4min} + Td_4 = 18,317 + 0,011 = 18,328 \text{ мм.}$$

$$d_{4cp} = 0,5 \cdot (d_{4max} + d_{4min}) = 0,5 \cdot (18,328 + 18,317) = 18,323 \text{ мм.}$$

$$d_{3min} = d_{4min} + 2 \cdot z_{4min} = 18,317 + 2 \cdot 0,164 = 18,645 \text{ мм.}$$

$$d_{3max} = d_{3min} + Td_3 = 18,645 + 0,027 = 18,672 \text{ мм.}$$

$$d_{3cp} = 0,5 \cdot (d_{3max} + d_{3min}) = 0,5 \cdot (18,672 + 18,645) = 18,659 \text{ мм.}$$

$$d_{TO min} = d_{3min} + 2 \cdot z_{3min} = 18,645 + 2 \cdot 0,18 = 19,005 \text{ мм.}$$

$$d_{TO max} = d_{TO min} + Td_{TO} = 19,005 + 0,11 = 19,115 \text{ мм.}$$

$$d_{TO cp} = 0,5 \cdot (d_{TO max} + d_{TO min}) = 0,5 \cdot (19,005 + 19,115) = 19,06 \text{ мм.}$$

$$d_{2min} = d_{TO min} \cdot 0,999 = 19,005 \cdot 0,999 = 18,986 \text{ мм.}$$

$$d_{2max} = d_{2min} + Td_2 = 18,986 + 0,07 = 19,056 \text{ мм.}$$

$$d_{2cp} = 0,5 \cdot (d_{2max} + d_{2min}) = 0,5 \cdot (19,056 + 18,986) = 19,021 \text{ мм}$$

$$d_{1min} = d_{2min} + 2 \cdot z_{2min} = 18,986 + 2 \cdot 0,252 = 19,49 \text{ мм.}$$

$$d_{1max} = d_{1min} + Td_1 = 19,49 + 0,18 = 19,67 \text{ мм.}$$

$$d_{1cp} = 0,5 \cdot (d_{1max} + d_{1min}) = 0,5 \cdot (19,67 + 19,49) = 19,58 \text{ мм.}$$

$$d_{0min} = d_{1min} + 2 \cdot z_{1min} = 19,49 + 2 \cdot 0,601 = 20,692 \text{ мм.}$$

$$d_{0max} = d_{0min} + Td_0 = 20,692 + 1,2 = 21,892 \text{ мм.}$$

$$d_{0cp} = 0,5(d_{0max} + d_{0min}) = 0,5(21,892 + 20,692) = 21,292 \text{ мм} \gg [18].$$

«Величина минимального общего припуска:

$$2z_{min} = d_{0min} - d_{5max}. \quad (13) \gg [18]$$

$$2z_{min} = 20,692 - 18,000 = 2,692 \text{ мм.}$$

«Величина максимального общего припуска:

$$2z_{max} = 2z_{min} + Td_0 + Td_5. \quad (14) \gg [18]$$

$$2z_{max} = 2,692 + 1,2 + 0,011 = 3,903 \text{ мм.}$$

«Величина среднего общего припуска:

$$2z_{cp} = 0,5 \cdot (2z_{min} + 2z_{max}). \quad (15)» [18]$$

$$2z_{cp} = 0,5 \cdot (2,692 + 3,903) = 3,298 \text{ мм.}$$

Припуски на оставшиеся поверхности определены по методике [21] и приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Припуски на обработку поверхностей

Номер поверхности	Номер перехода	Минимальный припуск, мм	Максимальный припуск, мм	Средний припуск, мм
1, 11	1	1,8	3,13	2,465
4	1	1,8	2,8	2,3
5	1	2,0	2,805	2,403
6	1	1,8	3,0	2,4
8	1	2,3	3,225	2,763
	2	0,3	0,475	0,388
	3	0,5	0,57	0,535
	4	0,06	0,088	0,074
	5	0,005	0,021	0,013

«Следующим этапом проектирования заготовки является определение ее основных характеристик» [4].

«Получаем следующие основные характеристики заготовки:

- класс точности заготовки Т4;
- группа марки материала заготовки М1;
- степень сложности заготовки С2;
- исходный индекс для определения допусков размеров заготовки И10.

Значения напусков составят:

- штамповочные уклоны 5°;
- радиус закругления 2 мм;
- допустимые значения остаточного облоя не более 0,7 мм» [4].

«Чертеж заготовки, содержащий все необходимые данные, приведен в графической части работы» [11].

2.2 Разработка плана изготовления

«План изготовления детали отражает последовательность операций технологического процесса» [20], а также его основные параметры.

Задача выбора последовательности операций заключается в формировании оптимального маршрута изготовления детали, основанного на маршрутах обработки отдельных ее поверхностей, выбранных ранее при определении припусков на обработку. Маршрут изготовления формируется путем объединения одинаковых методов обработки в операции. При этом следует учесть особенности среднесерийного типа производства, а также основные принципы формирования маршрута изготовления. Основной из которых, это принцип предшествования, то есть состояние заготовки на выходе одной операции должно является входным состоянием для другой операции. «Сформированный маршрут изготовления детали приведен в таблице 4, а также отражен в приложении А «Технологическая документация»» [20].

Таблица 4 – Технологический маршрут изготовления детали

Операция	Метод обработки	Обрабатываемые поверхности
005 Фрезерно-центровальная	фрезерование, сверление	1, 11, 12, 20
010 Токарная	точение	3, 4, 5, 6
015 Токарная	точение	8, 9, 10
020 Сверлильная	сверление, нарезание резьбы	14, 15, 16
025 Сверлильная	фрезерование, сверление, нарезание резьбы	17, 18, 19
030 Токарная	точение	2, 3, 7
035 Токарная	точение	8
040 Термическая	закалка, отпуск	все
045 Центрошлифовальная	шлифование	12, 20

Продолжение таблицы 4

Операция	Метод обработки	Обрабатываемые поверхности
050 Круглошлифовальная	шлифование	3
055 Круглошлифовальная	шлифование	8
060 Круглошлифовальная	шлифование	3
065 Круглошлифовальная	шлифование	8
070 Полировальная	полирование	3
075 Полировальная	полирование	8
080 Моечная	мойка	все
085 Контрольная	контроль	все

Следующая задача при проектировании плана изготовления заключается в разработке схем базирования заготовок на операциях технологического процесса. «Решение этой задачи основано на соблюдении рекомендаций» [15]. «Разработанные схемы базирования приведены в графической части работы» [15].

«Также необходимо решить задачу определения технических требований на выполнение операций, на основе рекомендаций и данных» [16].

Формирование плана изготовления заключается в графическом отображении структуры операций с детализацией до установа. В обоснованных случаях допускается детализация по переходам. Исходя из особенностей среднесерийного типа производства, при формировании операций технологического процесса предпочтение следует отдавать операциям, реализация которых не требует применения специального оборудования и средств технологического оснащения, а также обеспечивает максимальную концентрацию переходов с последовательной обработкой поверхностей.

«Рекомендации по выполнению плана изготовления детали приведены в литературе» [16].

2.3 Технические средства оснащения

«Под техническими средствами понимают технологическое оборудование, станочные приспособления, режущие инструменты и контрольные средства» [11]. Принятые на данном этапе влияют абсолютно на все показатели проектируемой технологии и, в конечном счете, определяют ее эффективность.

Технологическое оборудование должно обеспечивать соблюдение принципа концентрации переходов и достижение точности обработки путем предварительной настройки на размер.

Станочные приспособления должны обеспечивать необходимую точность установки, иметь необходимое быстродействие и другие эксплуатационные показатели.

В качестве режущего инструмента необходимо использовать стандартный и широкоуниверсальный режущий инструмент. Режущий инструмент должен обеспечивать необходимую точность обработки, выполнение режимов резания, обладать необходимой стойкостью.

В качестве контрольных средств необходимо использовать универсальные и стандартизированные средства контроля, обеспечивающие получение информации по результатам контроля в виде качественных характеристик.

«Выбор технических средств оснащения осуществляется с использованием источников [2], [8], [9], [10], [17], [19]. Результаты выбора приведены в таблице 5» [11].

Таблица 5 – Технические средства оснащения технологического процесса

Операция	Оборудование	Станочные приспособления	Режущие инструменты	Контрольные средства
005 Фрезерно-центровальная	«фрезерно-центровальный МР-78» [17]	«тиски самоцентрирующие, упор» [10]	«фреза торцовая Т5К10, сверло» [20]	«штангенциркуль ШЦ-1, калибры» [2]

Продолжение таблицы 5

Операция	Оборудование	Станочные приспособления	Режущие инструменты	Контрольные средства
010 Токарная	«токарный HAAS SL-10 CNC» [8]	«патрон трехручачковый специальный, центр ГОСТ 8742-75» [10]	«резец контурный специальный T5K10» [20]	«штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89» [2]
015 Токарная	«токарный HAAS SL-10 CNC» [8]	«патрон трехручачковый специальный, центр ГОСТ 8742-75» [10]	«резец контурный специальный T5K10» [20]	«штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89» [2]
020 Сверлильная	«вертикально-сверлильный HAAS OM-1 CNC» [8]	«тиски самоцентрирующие, центр ГОСТ 8742-75» [10]	«сверло спиральное R840-18500-30-A0A GC1220, фреза резьбовая 327R09-18 250MM-TH GC1025» [9]	«калибры» [2]
025 Сверлильная	«вертикально-фрезерный JET JTM949TS CNC» [8]	«тиски самоцентрирующие, центр ГОСТ 8742-75» [10]	«фреза концевая R216.12-10030-BS11P, GC1630, сверло спиральное R841-0925-30-A1A GC1220, фреза резьбовая R217.14C120150AC 22N GC1630» [9]	«калибр, штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89» [2]
030 Токарная	«токарный HAAS SL-10 CNC» [8]	«патрон трехручачковый специальный, центр ГОСТ 8742-75» [10]	«резец контурный специальный T5K10» [19]	«штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89, калибр» [2]
035 Токарная	«токарный HAAS SL-10 CNC» [8]	«патрон трехручачковый специальный, центр ГОСТ 8742-75» [10]	«резец контурный специальный T5K10» [19]	«штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89» [2]
040 Термическая	«печь» [17]	—	—	—
045 Центрошлифовальная	«центрошлифовальный 3922» [17]	«тиски самоцентрирующие, центр ГОСТ 8742-75» [10]	«головка алмазная АГК ГОСТ2447-82» [19]	«калибр» [2]
050 Круглошлифовальная	«круглошлифовальный 3А151» [17]	«патрон поводковый, центр» [10]	«круг шлифовальный 23А46М6V8» [19]	«микрометр МР-70 ГОСТ 6507-90» [2]

Продолжение таблицы 5

Операция	Оборудование	Станочные приспособления	Режущие инструменты	Контрольные средства
055 Круглошлифовальная	«круглошлифовальный 3А151» [17]	«патрон поводковый, центр ГОСТ 8742-75» [10]	«круг шлифовальный 1-750×32×350 23А46М6V8 30м/с1А» [19]	«микрометр МР-70 ГОСТ 6507-90» [2]
060 Круглошлифовальная	«круглошлифовальный 3А151» [17]	«патрон поводковый, центр ГОСТ 8742-75» [10]	«круг шлифовальный 5-750×32×350 24А80М5V5 30м/с1А» [19]	«микрометр МР-70 ГОСТ 6507-90» [2]
070 Полировальная	«полировальный 3890» [17]	«патрон цанговый, центр ГОСТ 8742-75» [10]	«круг эластичный» [19]	«микрометр МР-70 ГОСТ 6507-90» [2]
075 Полировальная	«полировальный 3890» [17]	«патрон цанговый, центр ГОСТ 8742-75» [10]	«круг эластичный» [19]	«микрометр МР-70 ГОСТ 6507-90» [2]
080 Моечная	«моечная машина» [17]	–	–	«микрометр МР-70 ГОСТ 6507-90» [2]
085 Контрольная	«контрольный стенд» [17]	–	–	–

Выбранные технические средства оснащения технологического процесса отвечают всем требованиям среднесерийного типа производства. Следует отметить широкое применение станков оснащенных числовым программным управлением на токарных и сверлильных операциях, а также стандартных станочных приспособлений и режущего инструмента. Это позволит увеличить гибкость производства и расширить его номенклатуру.

«Данные представленные в таблице 5 заносятся в соответствующую технологическую документацию, представленную в приложении А «Технологическая документация»» [11].

2.4 Определение режимов резания и нормирование

«Определение режимов резания и нормирование выполняется расчетно-аналитическим или статистическим методами в зависимости от требуемой точности» [14]. Приведем основные их положения.

«Скорость резания рассчитывается по формуле:

$$V = V_T \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (16)$$

где V_T – нормативная скорость резания, м/мин;

K_1 – коэффициент, учитывающий свойства материала детали;

K_2 – коэффициент, учитывающий свойства материала инструмента;

K_3 – коэффициент, учитывающий метод обработки» [14].

«Определение частоты вращения:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}, \quad (17)$$

где d – размер обрабатываемой поверхности, мм» [14].

«Определение действительной скорости резания:

$$V_d = \frac{\pi \cdot d \cdot n_d}{1000}, \quad (18)$$

где n_d – действительная частота вращения шпинделя, об/мин» [14].

«Основное время на выполнение операции определяется по формуле:

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S_0 \cdot n_d}, \quad (19)$$

где L_{px} – длина рабочего хода инструмента в процессе обработки, мм;

S_0 – подача инструмента, мм/об» [14].

«Длина рабочего хода инструмента определяется по формуле:

$$L_{\text{рх}} = l_1 + l_{\text{рез}} + l_2, \quad (20)$$

где l_1 – длина врезания инструмента, мм;

$l_{\text{рез}}$ – длина обработки, мм;

l_2 – длина перебега инструмента, мм» [14].

Проведение ряда операций предполагает использование высокопроизводительного инструмента и оборудования. Расчет режимов резания для данных операций с использованием описанной методике дает заниженные результаты, поэтому будем использовать для их определения рекомендаций производителя инструмента [9].

«Результаты расчета представлены в таблице 6» [11].

Таблица 6 – Определение режимов резания и нормирование

Операция	Переход	Подача, мм/об	Скорость, м/мин	Частота вращения, об/мин	Длина рабочего хода, мм	Основное время, мин
005	1	0,15	79	250	42	0,19
	2	0,2	16	180	9	0,25
	3	0,2	25	360	32	0,44
010	1	0,3	193	2000	84	0,14
015	1	0,3	193	2000	145	0,24
020	1	0,1	32	1500	45	0,3
	2	0,012	173	1800	28	0,65
025	1	0,05	74	4800	28	0,06
	2	0,1	26	1500	20	0,13
	3	0,06	164	2300	14	0,11
030	1	0,15	226	2400	55	0,15
035	1	0,15	166	2400	110	0,31
045	1	0,014	30	–	1	0,45
050	1	0,025	30	200	53	1,32
055	1	0,025	30	200	110	2,68
060	1	0,011	30	320	53	1,45
065	1	0,011	30	320	110	3,02
070	1	0,01	16	320	53	1,12
075	1	0,01	16	320	110	2,36

«Результаты проведенных расчетов позволяют сделать следующие выводы» [11]. «Следует усовершенствовать фрезерно-центровальную операцию, так как при небольшом объеме механической обработки она является одной из самых продолжительных» [11]. Проанализировав структуру штучного времени данной операции, приходим к выводу, что причина этого заключается в большом вспомогательном времени. Это указывает на необходимость поиска технических проблем и способов их устранения. Ряд операций имеют небольшую продолжительность выполнения, что дает возможность значительной догрузки используемого на них оборудования производством других деталей.

В данном разделе успешно решены стандартные технологические задачи, такие как «проектирование заготовки, разработка плана изготовления, определение технических средств оснащения технологического процесса, определение режимов резания и нормирование технологических операций» [11].

$$P_v = P_z \cdot 0,9. \quad (22)$$

$$P_y = P_z \cdot (0,85 \dots 0,95). \quad (23) \gg [6]$$

«Результаты расчетов.

$$P_h = 948,74 \cdot 0,4 = 379,5 \text{ Н.}$$

$$P_v = 948,74 \cdot 0,9 = 853,87 \text{ Н.}$$

$$P_y = 948,74 \cdot 0,95 = 901,3 \text{ Н} \gg [6].$$

«Для перехода сверления момент резания $M_{кр}$ равен 68,95 Н·м, осевая сила резания P_o равна 193 Н» [6].

Расчет необходимого усилия закрепления производится исходя из расчетной схемы, приведенной на рисунке 3.

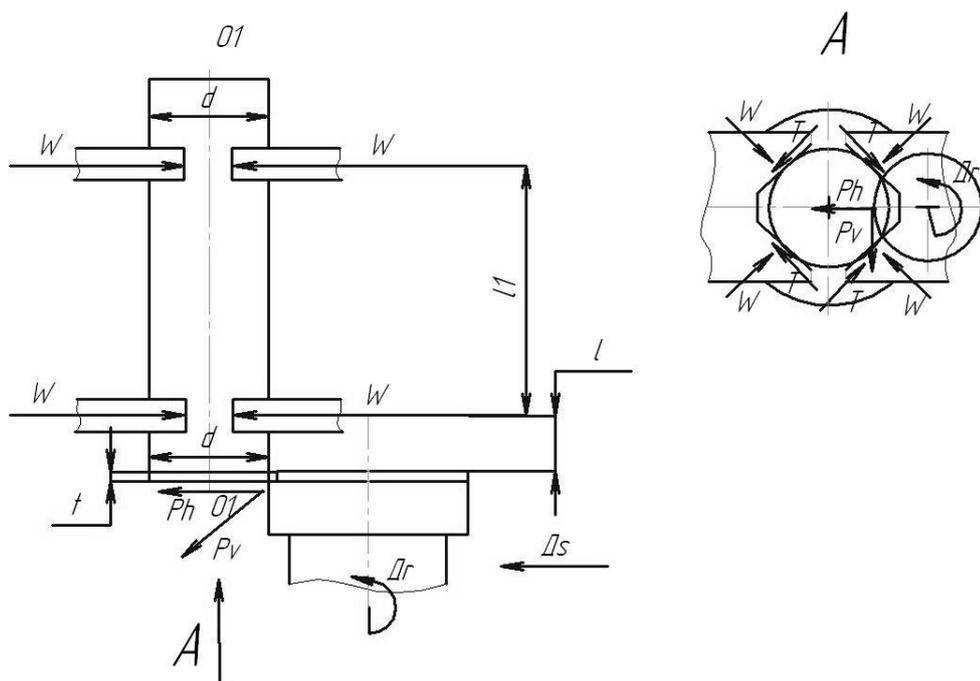


Рисунок 3 – Расчетная схема для определения усилия закрепления

«Момент от составляющей силы резания P_h :

$$M_p = P_h \cdot l, \quad (24)$$

где l – расстояние, определяемое по схеме системы сил, мм» [6].

«Уравновешивающий его момент силы закрепления:

$$M_3 = W \cdot l_1, \quad (25)$$

где W – сила закрепления, Н;

l_1 – расстояние, определяемое по схеме системы сил, мм» [6].

«Из условия равновесия системы сила закрепления равна:

$$W = \frac{P_h \cdot l \cdot K}{l_1}, \quad (26)$$

где K – коэффициент запаса» [6].

«Коэффициент запаса определяется по формуле:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (27)$$

где K_0 – гарантированный коэффициент запаса;

K_1 – коэффициент, учитывающий состояние технологических баз;

K_2 – коэффициент, учитывающий состояние режущего инструмента» [6].

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,2 = 2,2.$$

«Рассчитываем силу закрепления.

$$W = \frac{379,5 \cdot 10 \cdot 2,2}{150} = 56 \text{ Н} \text{» [6].}$$

«Момент от составляющей силы резания P_v :

$$M_p = \frac{P_v \cdot d_0}{2}, \quad (28)$$

где d_0 – диаметр обработки, мм» [6].

«Уравновешивающий его момент силы закрепления:

$$M_3 = 4 \cdot W \cdot f \cdot d_3, \quad (29)$$

где W – сила закрепления, Н;

f – коэффициент трения поверхностей призмы и заготовки;

d_3 – диаметр закрепления, мм» [6].

«Из условия равновесия системы сила закрепления равна:

$$W = \frac{P_v \cdot d_0 \cdot K}{8 \cdot f \cdot d_3}. \quad (30) \gg [6]$$

$$W = \frac{853,87 \cdot 68 \cdot 2,2}{8 \cdot 0,16 \cdot 48} = 2079 \text{ Н.}$$

«Из двух полученных значений силы закрепления в дальнейших расчетах используем наибольшую» [6].

«Следует учесть влияние угла призм на данную силу:

$$W_{\text{изм}} = \frac{W}{\sin \frac{\alpha}{2}}, \quad (31)$$

где α – угол призмы, град» [6].

$$W_{\text{изм}} = \frac{2079}{\sin 45^\circ} = 2928 \text{ Н.}$$

«Сила, прикладываемая к основанию призмы, определяется выражением:

$$W_1 = \frac{W}{1 - \frac{3 \cdot l}{H} \cdot f_1}, \quad (32)$$

где l – вылет призмы, мм;

H – длина направляющих призмы, мм;

f_1 – коэффициент трения в направляющих призмы» [6].

$$W_1 = \frac{2928}{1 - \frac{3 \cdot 60}{120} \cdot 0,1} = 3445 \text{ Н.}$$

«С учетом необходимости перемещения двух ползушек, сила, прикладываемая к основанию призмы, определяется выражением:

$$Q = 2 \cdot W_1. \quad (33) \gg [6]$$

$$Q = 2 \cdot 3445 = 6890 \text{ Н.}$$

Произведем расчет передачи винт-гайка.

«Определение среднего диаметра резьбы производится по формуле:

$$d = \sqrt{\frac{2 \cdot Q}{\pi \cdot k \cdot [q]}}, \quad (34)$$

где k – отношение высоты гайки к среднему диаметру резьбы;

$[q]$ – допускаемое давление, МПа» [6].

$$d = \sqrt{\frac{2 \cdot 6890}{\pi \cdot 1,2 \cdot 10}} = 21,4 \text{ мм.}$$

Полученное значение округляем до стандартного и подбираем профиль резьбы и ее характеристики.

«Рассчитаем угол подъема резьбы по формуле:

$$\Psi = \arctg\left(\frac{P}{\pi \cdot d}\right), \quad (35)$$

где P – шаг резьбы, мм» [6].

$$\Psi = \arctg\left(\frac{2}{\pi \cdot 25}\right) = 1^\circ 46'.$$

«Определение эквивалентного напряжения производится по формуле:

$$\sigma_{\text{ЭКВ}} = \sqrt{\left(\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d_1^2}\right)^2 + 4 \cdot \left(\frac{M_{\text{кр}}}{0,2 \cdot d_1^3}\right)^2}, \quad (36)$$

где $M_{кр}$ – крутящий момент в опасных сечениях винта, Н·м;
 d_1 – внутренний диаметр резьбы, мм» [6].

«Крутящий момент определяется по формуле:

$$M_{кр} = 0,5 \cdot d \cdot Q \cdot \operatorname{tg}(\psi + \varphi^l), \quad (37)$$

где φ^l – угол трения приведенный, град» [6].

«Угол трения приведенный определяется из выражения:

$$\varphi^l = \frac{\varphi}{\cos(\alpha/2)}, \quad (38)$$

где φ – угол трения, град;

α – угол профиля резьбы, град» [6].

«Проводим расчеты.

$$\varphi^l = \frac{5,71059}{\cos(30^\circ/2)} = 5,91204^\circ.$$

$$M_{кр} = 0,5 \cdot 25 \cdot 6890 \cdot \operatorname{tg}(1,46^\circ + 5,91204^\circ) = 11488 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

$$\sigma_{экв} = \sqrt{\left(\frac{4 \cdot 6890}{\pi \cdot 24,8^2}\right)^2 + 4 \cdot \left(\frac{11488}{0,2 \cdot 24,8^3}\right)^2} = 46 \text{ МПа} \text{» [6].}$$

«Определяем допускаемое напряжение на сжатие:

$$[\sigma_c] = \frac{\sigma_T}{3}, \quad (39)$$

где σ_T – предел текучести стали 40Х, МПа» [6].

$$[\sigma_c] = \frac{600}{3} = 200 \text{ МПа}.$$

«Гибкость винта определяется из выражения:

$$\lambda = \frac{\mu \cdot L}{i}, \quad (40)$$

где μ – коэффициент приведения длины винта;

L – свободная длина винта, мм;

i – радиус инерции площади винта, мм» [6].

«Радиус инерции площади винта:

$$i = \sqrt{\frac{4 \cdot I}{\pi \cdot d_1^2}}, \quad (41)$$

где I – приведенный момент инерции, мм⁴;

d_1 – наружный диаметр резьбы, мм» [6].

«Приведенный момент инерции используется выражение:

$$I = \frac{\pi \cdot d_1^4}{64} \left(0,4 + 0,6 \frac{d_1}{d_2} \right), \quad (42)$$

где d_2 – внутренний диаметр резьбы, мм» [6].

«Проводим расчеты.

$$I = \frac{\pi \cdot 24,38^4}{64} \left(0,4 + 0,6 \frac{26}{24,38} \right) = 18 \cdot 10^3 \text{ мм}^4.$$

$$i = \sqrt{\frac{4 \cdot 18 \cdot 10^3}{\pi \cdot 24,38^2}} = 6,21 \text{ мм}.$$

$$\lambda = \frac{0,7 \cdot 65}{6,21} = 7,33 \text{» [6].}$$

Проведенные проверочные расчеты показали, что используемый в зажимном механизме винт обеспечивает выполнение требуемых силовых параметров проектируемого приспособления.

«Высота гайки:

$$H = k \cdot d_2, \quad (43)$$

где k – коэффициент высоты» [6].

$$H = 1,2 \cdot 25 = 30 \text{ мм.}$$

«Высота гайки:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot [\sigma_p]} + d^2}, \quad (44)$$

где $[\sigma_p]$ – допускаемое напряжение гайки на растяжение, МПа» [6].

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 6890}{\pi \cdot 40} + 26^2} = 30 \text{ мм.}$$

«Расчет точности сопряжений выполняется по точности приспособления, которая определяется их выражения:

$$\varepsilon_{\text{пр}} \leq T - K_T \cdot \sqrt{(K_{T1} \cdot \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_{\text{и}}^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2}, \quad (45)$$

где T – допуск обрабатываемого размера, мм;

K_T – коэффициент поля рассеяния значений составляющих величин от закона нормального распределения;

K_{T1} – коэффициент уменьшения погрешности базирования при работе на настроенном оборудовании;

ε_6 – погрешность базирования, мм;

ε_3 – погрешность закрепления, мм;

ε_y – погрешность установки, мм;

$\varepsilon_{\text{и}}$ – погрешность от износа установочных элементов, мм;

K_{T2} – коэффициент, учитывающий вклад погрешности обработки в суммарную погрешность;

ω – экономически эффективная точность обработки, мм» [6].

$$\varepsilon_{\text{пр}} \leq 0,1 - 1,0 \sqrt{(0 \cdot 0)^2 + 0^2 + 0,038^2 + 0,1^2 + (0,6 \cdot 0,12)^2} = 0,03 \text{ мм.}$$

Исходя из количества нормируемых сопряжений погрешность каждого из них не должна превышать 0,01 мм.

«Конструктивно приспособление состоит из установочных призм, размещенных на корпусе приспособления, упора, базирующего заготовку в осевом направлении» [6] и привода, обеспечивающего закрепление заготовки через ползушки. Привод состоит из двух винтов с разным направлением резьбы и гаек, соединенных с ползушками. Винт приводится в действие от электромеханического привода, что обеспечивает механизацию процесса закрепления. Конструкция приспособления приведена в графической части работы и в приложении Б «Спецификации к сборочным чертежам».

3.2 Разработка токарного резца

«Сокращение времени выполнения токарных операций возможно путем интенсификации режимов резания» [11]. Однако, в данном случае возникает ряд проблем, связанных с уменьшением стойкости инструмента и снижением качества обработки. В большинстве случаев «причина этого связана с недостаточной жесткостью крепления режущих пластин к державке. Решение данной проблемы возможно путем изменения конструкции крепления режущей пластины» [1]. «Проектирование осуществим с использованием методики» [1].

«Площадь сечения срезаемого слоя определяется по формуле:

$$F = t \cdot S, \quad (46)$$

где t – глубина резания, мм;

S – подача, мм/об» [1].

$$F = 2,0 \cdot 0,6 = 1,2 \text{ мм}^2.$$

«При данной площади сечения резец должен иметь следующие конструктивные параметры: рабочая высота резца 25 мм; сечение державки 20×25 мм; длина державки 140 мм» [1].

Основным силовым элементом в системе крепления пластины к державке является штифт.

Минимальный диаметр штифта:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_1}{\pi \cdot \sigma_d}}, \quad (47)$$

где Q_1 – сила, действующая на штифт при резании, Н;

σ_d – допустимое напряжение, МПа.

«Сила, действующая на штифт:

$$Q_1 = \frac{P_{Zmax}}{0,7}, \quad (48)$$

где P_{Zmax} – максимальное значение силы резания, Н» [1].

Выполняем расчеты.

$$Q_1 = \frac{164}{0,7} = 235 \text{ Н.}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 235}{\pi \cdot 650}} = 2,13 \text{ мм.}$$

Спроектированный резец представлена на чертеже графической части работы и в приложении Б «Спецификации к сборочным чертежам».

В данном разделе разработаны специальные технические средства оснащения, что позволило снизить время проведения фрезерно-центровальной операции за счет механизации процесса закрепления заготовки, а также увеличить режимы резания на токарных операциях за счет внесения изменений в конструкцию системы крепления режущих пластин. Первое решение позволило сократить вспомогательное время на снятие и установку заготовки, а второе интенсифицировать на 10% режимы обработки, сохранив при этом требуемое качество обработки и увеличив жесткости крепления пластины в 1,5 раза.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта

Конструктивно-технологические характеристики спроектированного технологического процесса приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Конструктивно-технологические характеристики

Операции	Оборудование	Приспособления	Инструменты
фрезерно-центровальная	«фрезерно-центровальный МР-78» [17]	«тиски самоцентрирующие, упор» [10]	«фреза торцовая Т5К10, сверло» [30]
токарные	«токарный HAAS SL-10 CNC» [8]	«патрон трехкулачковый специальный, центр ГОСТ 8742-75» [10]	«резец контурный специальный Т5К10» [30]
сверлильная	«вертикально-сверлильный HAAS OM-1 CNC» [8], «вертикально-фрезерный JET JTM949TS CNC» [8]	«тиски самоцентрирующие, центр ГОСТ 8742-75» [10], «тиски самоцентрирующие, центр ГОСТ 8742-75» [10]	«сверло спиральное R840-18500-30-A0A GC1220, фреза резьбовая 327R09-18 250MM-TH GC1025» [9], «фреза концевая R216.12-10030-BS11P, GC1630, сверло спиральное R841-0925-30-A1A GC1220, фреза резьбовая R217.14C120150AC22N GC1630» [9]
шлифовальные	«центрошлифовальный 3922» [17], «круглошлифовальный 3М151» [17], «полировальный 3890» [17]	«тиски самоцентрирующие, центр ГОСТ 8742-75» [10], «патрон поводковый, центр» [10], «патрон цанговый, центр ГОСТ 8742-75» [10]	«головка алмазная АГК ГОСТ2447-82» [19], «круг шлифовальный 23А46М6V8» [19], «круг шлифовальный 5-750×32×350 24А80М5V5 30м/с1А» [19], «круг эластичный» [19]

В рассматриваемом технологическом процессе используется

легированная конструкционная сталь, смазочные материалы для технологического оборудования и смазочно-охлаждающие жидкости для охлаждения зоны резания.

4.2 Идентификация профессиональных рисков

Профессиональные риски, возникающие в ходе выполнения анализируемого технологического процесса, определяются на основании Приказа Минтруда России от 28.12.2021 N 926 «Об утверждении Рекомендаций по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков и по снижению уровней таких рисков». При этом учитываются опасные и/или вредные производственно-технологические факторы, которые определяются согласно ГОСТ 12.0.003–2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». Результаты идентификации профессиональных рисков приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Идентификация профессиональных рисков

Источники возникновения рисков	Риски	Опасные и вредные производственные факторы
технологическое оборудование и средства технологического оснащения, погрузчики	«удары, порезы, проколы, уколы, затягивания, наматывания, абразивные воздействия подвижными частями оборудования, наезд транспорта на человека» [3]	«опасные и вредные производственные факторы, связанные с силами и энергией механического движения, в том числе в поле тяжести движущиеся (в том числе разлетающиеся) твердые, жидкие или газообразные объекты, наносящие удар по телу работающего (в том числе движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы; разрушающиеся конструкции; обрушивающиеся горные породы; падающие деревья и их части; струи и волны, включая цунами; ветер и вихри, включая смерчи и торнадо)» [3]

Продолжение таблицы 8

Источники возникновения рисков	Риски	Опасные и вредные производственные факторы
—	«ожог при контакте незащищенных частей тела с поверхностью предметов, имеющих высокую температуру» [3]	«опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека» [3]
	«заболевания кожи (дерматиты)» [3]	«производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека» [3]
	«психоэмоциональные перегрузки» [3]	«монотонность труда, тяжесть трудового процесса» [3]
	«опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей, характеризуемые повышенным уровнем общей вибрации» [3]	«воздействие общей вибрации на тело работника» [3]
	«контакт с частями электрооборудования, находящимися под напряжением, отсутствие заземления или неисправность электрооборудования, нарушение правил эксплуатации и ремонта электрооборудования, неприменение средств индивидуальной защиты» [3]	«опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, под действие которого попадает работающий» [3]
	«снижение остроты слуха, тугоухость, глухота, повреждение мембранной перепонки уха, связанные с воздействием повышенного уровня шума и других неблагоприятных характеристик шума» [3]	«опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризуемые повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума» [3]

Из таблицы 8 следует, что количество опасных и вредных производственных факторов, а также возникающих вследствие этого рисков достаточно значительное, но при этом они являются характерными механических цехов, что упростит разработку мероприятий по снижению и устранению их влияния на работников производства.

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Методы и средства снижения профессиональных рисков выбираются в соответствии с Приказом Минтруда России № 771н от 29 октября 2021 г. «Об утверждении Примерного перечня ежегодно реализуемых работодателем мероприятий по улучшению условий и охраны труда, ликвидации или снижению уровней профессиональных рисков либо недопущению повышения их уровней» и Приказом Минтруда России от 29.10.2021 N 776н «Об утверждении Примерного положения о системе управления охраной труда» [3]. Полученные данные приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Методы и средства снижения профессиональных рисков

Риск	Мероприятия по улучшению условий и охраны труда	Методы и средства снижения профессиональных рисков
«удары, порезы, проколы, уколы, затягивания, наматывания, абразивные воздействия подвижными частями оборудования, наезд транспорта на человека» [3]	«устройство ограждений элементов производственного оборудования, защищающих от воздействия движущихся частей, а также разлетающихся предметов, включая наличие фиксаторов, блокировок, герметизирующих и других элементов» [3]	«использование блокировочных устройств, применение средств индивидуальной защиты – специальных рабочих костюмов, халатов или роб, исключающих попадание свисающих частей одежды на быстродвижущиеся элементы производственного оборудования» [3]
«заболевания кожи (дерматиты)» [3]	«обеспечение работников, занятых на работах с вредными или опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях» [3]	«использование станков и инструментов для механической обработки материалов и изделий, сопровождающихся выделением газов, паров и аэрозолей, совместно с» [3]

Продолжение таблицы 9

Риск	Мероприятия по улучшению условий и охраны труда	Методы и средства снижения профессиональных рисков
–	«или связанных с загрязнением, специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты, дерматологическими средствами индивидуальной защиты» [3]	«системами удаления указанных веществ» [3]
«ожог при контакте незащищенных частей тела с поверхностью предметов, имеющих высокую температуру» [3]	«проведение обучения по охране труда, в том числе обучения безопасным методам и приемам выполнения работ, обучения по оказанию первой помощи пострадавшим на производстве, обучения по использованию (применению) средств индивидуальной защиты, инструктаж по охране труда, стажировки на рабочем месте (для определенных категорий работников) и проверки знания требований охраны труда» [3]	«организация обучения, инструктажей, стажировки, проверки знаний, установка предупреждающих знаков, визуальных и звуковых предупреждающих сигналов, утверждение правил поведения на рабочих местах, правильное применение средств индивидуальной защиты» [3]
«воздействие общей вибрации на тело работника» [3]	«проведение обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований)» [3]	«применение вибропоглощения и виброизоляции» [3]
«снижение остроты слуха, тугоухость, глухота, повреждение мембранной перепонки уха, связанные с воздействием повышенного уровня шума и других неблагоприятных характеристик шума» [3]	«устройство новых и (или) модернизация имеющихся средств коллективной защиты работников от воздействия опасных и вредных производственных факторов» [3]	«применение звукоизолирующих ограждений-кожухов, кабин управления технологическим процессом, устройство звукопоглощающих облицовок и объемных поглотителей шума, использование средств индивидуальной защиты» [3]
«психоэмоциональные перегрузки» [3]	«проведение специальной оценки условий труда, выявления и оценки опасностей, оценки уровней профессиональных рисков, реализация мер,» [3]	«проведение специальной оценки условий труда с разработкой и реализацией мероприятий по снижению напряженности трудового процесса» [3]

Продолжение таблицы 9

Риск	Мероприятия по улучшению условий и охраны труда	Методы и средства снижения профессиональных рисков
–	«разработанных по результатам их проведения» [3]	–
«контакт с частями электрооборудования, находящимися под напряжением, отсутствие заземления или неисправность» [3]	внедрение и (или) модернизация технических устройств и приспособлений, обеспечивающих защиту работников от поражения	«изоляция токоведущих частей электрооборудования, применение средств индивидуальной защиты, соблюдение требований охраны труда, применение» [3]
«электрооборудования, нарушение правил эксплуатации и ремонта электрооборудования, неприменение средств индивидуальной защиты» [3]	электрическим током	«ограждений, сигнальных цветов, табличек, указателей и знаков безопасности, вывод неисправного электрооборудования из эксплуатации, своевременный ремонт и техническое обслуживание электрооборудования» [3]

Приведенные в таблице 9 организационно-технические методы и средства защиты выбраны с учетом действующих на данный момент времени требований нормативных документов, являются достаточными при осуществлении спроектированного технологического процесса.

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Характеристика производственного корпуса по пожароопасности: категория по взрыво и пожаробезопасности – пожароопасное; степень огнестойкости зданий и сооружений – из несгораемых материалов; класс помещения в зависимости от окружающей среды – сухое; класс помещения по степени опасности поражения электрическим током – с повышенной опасностью. Исходя из характеристик, используемых в ходе технологического процесса материалов возможно возникновение пожаров, связанных с воспламенением и горением жидкостей или плавящихся твердых

веществ и материалов, то есть класс пожара.

«По приведенным выше характеристикам определяем основные опасные факторы пожара: пламя и искры, тепловой поток, повышенная температура окружающей среды, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения, пониженная концентрация кислорода, снижение видимости в дыму (в задымленных пространственных зонах)» [3].

Далее определяем основные организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.

Организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности: разрабатываются инструкции по действиям персонала в случае аварийной и чрезвычайной ситуации; проводится инструктаж по пожарной безопасности.

Так же необходимо определить технические средства по обеспечению пожарной безопасности. Результаты представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
«огнетушители: – ОП-10, ОВП-10, ОВП-100, ОП-100» [3]	«мотопомпа пожарная» [3]	«пожарный извещатель» [3]	«пожарный щит класса ЩП-А» [3]	«оповещатель охранно-пожарный звуковой, программно-аппаратный комплекс» [3]

Все предлагаемые организационные мероприятия и технические средства по обеспечению пожарной безопасности являются типовыми и стандартными, что существенно упростит организацию обеспечения пожарной безопасности на производственном участке.

4.5 Обеспечение экологической безопасности объекта

Спроектированный технологический процесс оказывают влияние на окружающую среду, так как в ходе его осуществления используются горюче-смазочные материалы, технологические жидкости, а также возникают отходы в виде частиц абразива, металлической стружки и лома, мусора и пыли. Антропогенное воздействие на атмосферный воздух, водные объекты, а также отходы приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Антропогенное воздействие

Воздействие на атмосферный воздух	Воздействие на водные объекты	Отходы
незначительные выбросы металлической и абразивной пыли при шлифовании	горюче-смазочные материалы, технологические жидкости, загрязнение частицами абразива, металлической стружкой, ломом и мусором	горюче-смазочные материалы, технологические жидкости, металлическая стружка, лом и мусор

Исходя из имеющихся данных по отходам и выбросам, а также ГОСТ Р 53692–2009 «Национальный стандарт Российской Федерации. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы» и ГОСТ 31952–2012 «Устройства водоочистные. Общие требования к эффективности и методы ее определения» разрабатываем мероприятия по обеспечению экологической безопасности» [3].

Основные организационно-технические мероприятия по обеспечению экологической безопасности приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Организационно-технические мероприятия по обеспечению экологической безопасности

Объект воздействия	Отходы и выбросы	Мероприятия и/или технического средства
атмосферный воздух	«пары смазочно-охлаждающей жидкости, абразивная пыль» [3]	«центробежные фильтры» [3]

Продолжение таблицы 12

Объект воздействия	Отходы и выбросы	Мероприятия и/или технического средства
водные объекты	масла, смазочно-охлаждающие жидкости, смазочные материалы, частицы абразива и стружки, металлический лом, мусор промышленный	комплексная система очистки сточных вод
отходы	масла, смазочно-охлаждающие жидкости, смазочные материалы, частицы абразива и стружки, металлический лом, мусор промышленный	сортировка отходов по виду, переработка металлических отходов, утилизация отходов на специальных полигонах

В данном разделе технологический процесс изготовления оправки для насадного зенкера оценен на безопасность и экологичность выполнения, а также обеспечение норм пожарной безопасности. В ходе анализа учтены изменения, вносимые в базовую технологию. Результатом выполнения раздела стал комплекс мероприятий и технических средств, обеспечивающих безопасность и экологичность выполнения технологического процесса, а также пожарную безопасность.

5 Экономическая эффективность работы

Все предыдущие разделы были посвящены совершенствованию технологического процесса изготовления заданной детали. Поэтому в конце бакалаврской работы необходимо провести расчеты, связанные с экономической эффективностью, этих совершенствований.

Для этого, сначала необходимо дать краткое описание, внесенных в технологический процесс, изменений (рисунок 4).

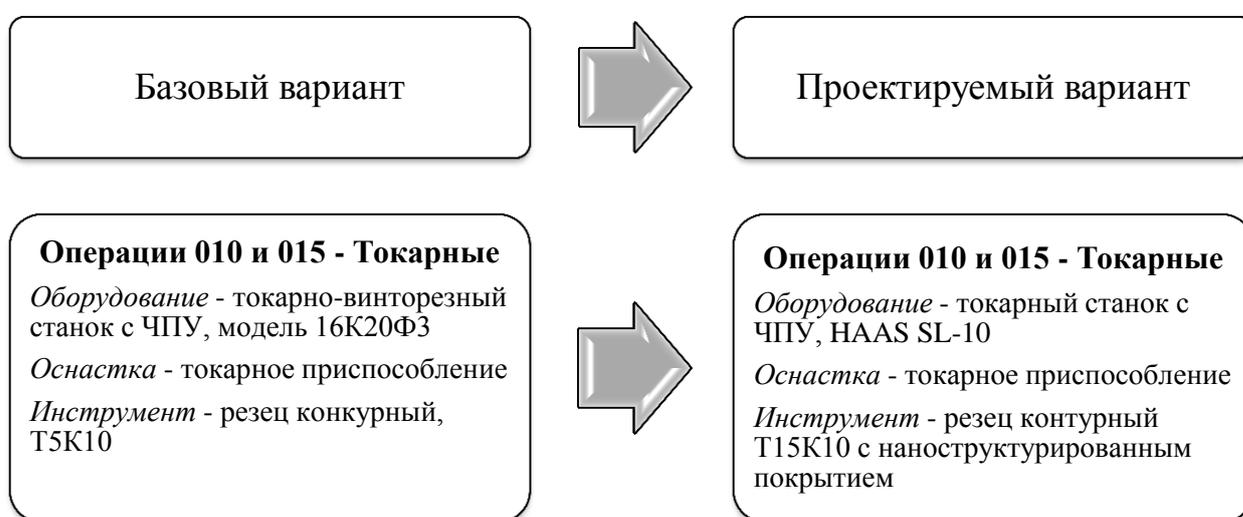


Рисунок 4 – Краткое описание, внесенных в технологический процесс, изменений

Как видно из рисунка 4, благодаря внесенным изменениям удалось достичь уменьшения трудоемкости выполнения данных операций. Эти изменения позволили сократить общую трудоемкость изготовления детали на 0,23 минуты.

Основываясь на описанных изменениях, будет осуществлен расчет значимых показателей, для подтверждения их экономической эффективности. Значимые показатели приведены на рисунке 5.

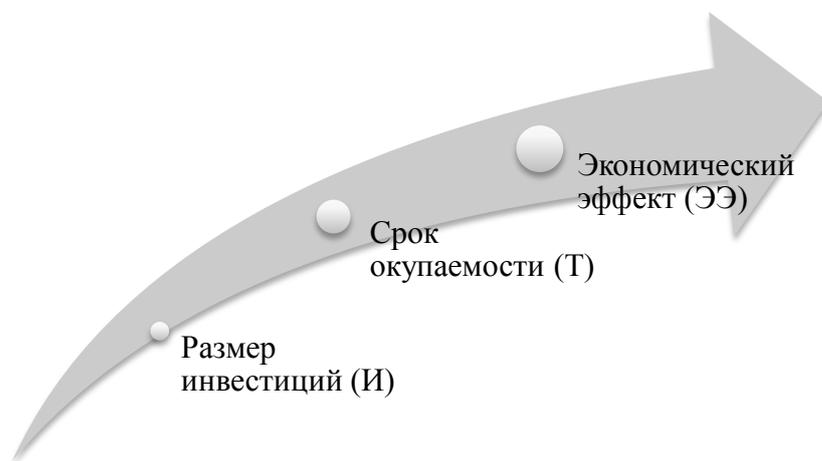


Рисунок 5 – Значимые показатели для подтверждения экономической эффективности изменений

Как видно из рисунка 5, отправной точкой в экономических расчетах является размер инвестиций. Именно этот показатель дает понимание в необходимых финансовых вливаниях в предложенные совершенствования. Для его определения используют специальную методику [12], которая позволяет учитывать все необходимые затраты в этот проект. Итоговый размер инвестиций и его детализация, представлен на рисунке 6.

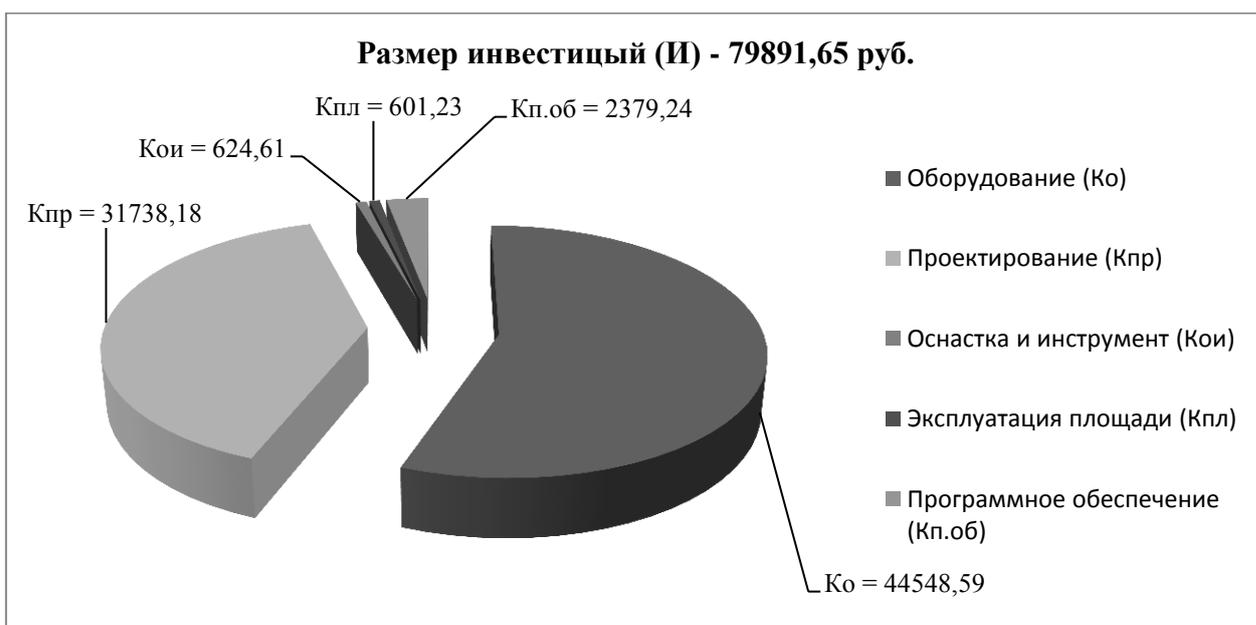


Рисунок 6 – Итоговый размер инвестиций и его детализация, руб.

Как видно из рисунка 6, самую весомую долю в инвестициях занимают затраты на оборудование, его доставку и установку (K_{OB}), их доля составляет 55,76 %, и это оправдано, т. к. закупку оборудования всегда была и будет самой затратной. Следующая, не менее значимая, это такая статья затрат, как «затраты на проектирование ($K_{ПР}$)». Ее доля в общем размере инвестиций составит 39,73 %, это обосновывается сложностью выполняемых при проектировании работ и их трудоемкостью. Оставшиеся статьи затрат находятся в интервале 0,75-2,98 % и существенной весомости в размере инвестиций не имеет, но тем не менее их увеличивают.

Значение срока окупаемости можно рассчитать по формуле (49):

$$T = \frac{И}{П_{ЧИСТ}} + 1, \quad (49)$$

где « $П_{ЧИСТ}$ – чистая ожидаемая прибыль, руб.» [12].

Этот показатель зависит от разности себестоимости изготовления детали до и после совершенствования технологического процесса ее изготовления ($C_1 = 25,29$ руб. и $C_2 = 18,2$ руб., соответственно). Также при его определении учитывается программа выпуска ($П_{Г} = 5000$ шт.). И кроме всего прочего, обязательно учитываются налоговые выплаты, которые предприятие вынуждено будет заплатить государству за полученную дополнительную прибыль. Значения себестоимости определялись по специальной методике [12] с применением программного обеспечения, такого как Microsoft Excel. Если учесть все вышеперечисленные показатели, то формулу (49) можно представить в развернутом формате в формуле (50):

$$T = \frac{И}{(C_1 - C_2) \cdot П_{Г} \cdot (1 - K_{НАЛ})} + 1, \quad (50)$$

где « $K_{НАЛ}$ – коэффициент налогообложения, который, для юридических лиц, составляет 20 % или в абсолютной величине – 0,2» [12].

$$T = \frac{79891,65}{(25,29-18,2) \cdot 5000 \cdot (1-0,2)} + 1 = \frac{79891,65}{28360} + 1 = 3,817 = 4 \text{ года.}$$

Экономический эффект определяется по формуле (51), которая тоже представлена в развернутом виде, чтобы показать наглядность расчетов.

$$\text{ЭЭ} = \left(\sum_1^T P_{\text{ЧИСТ}} \cdot \frac{1}{(1+E)^t} \right) - И, \quad (51)$$

где « E – процентная ставка на капитал;

t – годы получения прибыли для принятого горизонта расчета» [12].

$$\begin{aligned} \text{ЭЭ} &= \left(288360 \cdot \left(\frac{1}{(1+0,1)^1} + \frac{1}{(1+0,1)^2} + \dots + \frac{1}{(1+0,1)^4} \right) \right) - \\ &- 79891,65 = 9981,19 \text{ р.} \end{aligned}$$

Согласно проведенным расчетам, экономический эффект получен, его величина составляет 9981,19 рублей. Поэтому предложенные совершенствования в технологический процесс можно считать целесообразными и обоснованными.

В ходе выполнения данного раздела произведена экономическая оценка предлагаемой технологии изготовления и изменений, внесенных в нее. Установлено, что экономический эффект имеет положительное значение. Все предлагаемые решения признаны эффективными.

Заключение

Результатом выполнения выпускной квалификационной работы является технология изготовления оправки для насадного зенкера, спроектированная на основе типовой технологии изготовления деталей данного класса и ее совершенствовании для максимального снижения затрат на изготовление в заданных производственных условиях. Для этого были решены следующие задачи.

Рассмотрены исходные данные для проектирования и проведен их анализ для определения задач работы, которые необходимо выполнить для достижения ее цели. Решены стандартные технологические задачи, такие как «проектирование заготовки, разработка плана изготовления, определение технических средств оснащения технологического процесса, определение режимов резания и нормирование технологических операций» [11]. «Разработаны специальные технические средства оснащения, что позволило снизить время проведения фрезерно-центровальной операции за счет механизации процесса закрепления заготовки» [11], а также увеличить режимы резания на токарных операциях за счет внесения изменений в конструкцию системы крепления режущих пластин. Первое решение позволило сократить вспомогательное время на снятие и установку заготовки, а второе интенсифицировать на 10% режимы обработки, сохранив при этом требуемое качество обработки и увеличив жесткости крепления пластины в 1,5 раза. Спроектированная технология изготовления оценена на безопасность и экологичность ее выполнения с учетом применения предлагаемых специальных технических средств. Произведена экономическая оценка предлагаемой технологии изготовления и изменений, внесенных в нее. Установлено, что экономический эффект имеет положительное значение. Все предлагаемые решения признаны эффективными.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Артамонов Е.В. Расчет и проектирование сменных режущих пластин и сборных инструментов: монография / Е.В. Артамонов, Т.Е. Помигалова, М.Х. Утешев. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2011. – 152 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/28284> (дата обращения: 26.04.2024).
2. Болтон У. Карманный справочник инженера-метролога. – Электрон. дан. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 380 с.
3. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта»: учеб. –метод. пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. – Тольятти.: Изд –во ТГУ, 2024. – 22 с.
4. ГОСТ 7505–89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990 –01 –07. – М.: Изд –во стандартов, 1990. – 83 с.
5. Зубарев Ю. М. Методы получения заготовок в машиностроении и расчет припусков на их обработку : учебное пособие для вузов / Ю. М. Зубарев. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 256 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/215714> (дата обращения: 25.03.2024).
6. Зубарев Ю.М. Расчет и проектирование приспособлений в машиностроении: учебник / Ю.М. Зубарев. – Санкт –Петербург: Лань, 2022. – 320 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/61360> (дата обращения: 21.04.2024).
7. Иванов И. С. Технология машиностроения: производство типовых деталей машин: учебное пособие / И.С. Иванов. – Москва: ИНФРА –М, 2022. – 224 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1723512> (дата обращения: 09.04.2024).
8. Каталог продукции «haascnc». [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.int.haascnc.com> (дата обращения: 18.04.2024).

9. Каталог продукции «Sandvik coromant». [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.sandvik.coromant.com> (дата обращения: 18.04.2024).

10. Клепиков В. В. Технологическая оснастка. Станочные приспособления: учебное пособие / В. В. Клепиков. – Москва: ИНФРА –М, 2022. – 345 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1836736> (дата обращения: 05.09.2023).

11. Клепиков В. В. Технология машиностроения: курсовое проектирование: учебное пособие / В.В. Клепиков, В.Ф. Солдатов. – Москва: ИНФРА –М, 2020. – 229 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1081966> (дата обращения: 21.03.2024).

12. Краснопевцева И.В. Экономика и управление машиностроительным производством: электрон. учеб. –метод. пособие / И.В. Краснопевцева, Н.В. Зубкова. – Тольятти.: ТГУ, 2014. – 183 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/13> (дата обращения: 29.04.2024).

13. Маталин А. А. Технология машиностроения : учебник для вузов / А. А. Маталин. – 6-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2024. – 512 с. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/399728> (дата обращения: 05.04.2024).

14. Назначение рациональных режимов резания при механической обработке : учебное пособие / В. М. Кишуров, М. В. Кишуров, П. П. Черников, Н. В. Юрасова. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 216 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/206789> (дата обращения: 11.04.2024).

15. Расторгуев Д. А. Проектирование технологических операций: электрон. учеб. –метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин –т машиностроения ; каф. «Оборудование и технологии машиностроит. пр –ва». – Тольятти : ТГУ, 2015. – 140 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/6204> (дата обращения: 17.04.2024).

16. Расторгуев Д.А. Технологическая часть выпускной квалификационной работы машиностроительного направления: электронное

учеб. –метод. пособие / Д.А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин –т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр –ва". – ТГУ. – Тольятти. : ТГУ, 2017. – 34 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/6204> (дата обращения: 18.04.2024).

17. Сибикин М. Ю. Технологическое оборудование. Металлорежущие станки: учебник / М.Ю. Сибикин. – 2–е изд., перераб. и доп. – Москва: ФОРУМ: ИНФРА–М, 2021. [Электронный ресурс].– URL: <https://znanium.com/catalog/product/1288990> (дата обращения: 09.04.2024).

18. Справочник технолога –машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / А. М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. – 5–е изд., испр. – Москва : Машиностроение–1, 2003. – 910 с.

19. Справочник технолога –машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / А. М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. – 5 –е изд., испр. – Москва : Машиностроение –1, 2003. – 941 с.

20. Трофимов А. В. Основы технологии машиностроения. Типовые технологические процессы в машиностроении : учебное пособие для студентов / А. В. Трофимов, И. А. Зверев ; под редакцией А. В. Трофимова. – Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2022. – 64 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/257828> (дата обращения: 07.04.2024).

21. Харламов Г.А. Припуски на механическую обработку: справочник. / Г.А. Харламов, А.С. Тарапанов. – Электрон. дан. – М. : Машиностроение, 2013. – 256 с.

22. Химический состав и физико–механические свойства стали 20Х [Электронный ресурс]. – URL: http://metallischekiy-portal.ru/marki_metallov/stk/20X (дата обращения: 21.03.2024).

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

A	Цех	Уч	PM	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа									
						Код, наименование оборудования	СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт
T 19	<i>контурный специальный Т5К10; 393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89.</i>														
20															
A 21	<i>XX XX XX 015 4110 Токарная</i>														
B 22	<i>381101 Токарный HAAS SL-10 3 18217 312 1P 1 1 1 800 1 0,31</i>														
O 23	<i>Точить поверхности 8, 9, 10, в размеры $\phi 46,12^{+0,25}$; $35,7^{+0,25}$; $175^{+0,12}$</i>														
T 24	<i>396190 Патрон 3-х кулачковый специальный; 392841 Центр упорный №3 ГОСТ8742-75; 392101 Резец</i>														
T 25	<i>контурный специальный Т5К10; 393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89.</i>														
26															
A 27	<i>XX XX XX 020 4120 Сверлильная</i>														
B 28	<i>381210 Сверлильный с ЧПУ HAAS OM-13 17335 422 1P 1 1 1 800 1 1,14</i>														
O 29	<i>Сверлить поверхность 16, нарезать резьбу поверхность 15 в размер $\phi 18,5^{+0,004}$ M20^{+0,01} 137^{+0,4} 148^{+0,4}</i>														
T 30	<i>396131 Тиски самоцентрирующие; 391213 Сверло $\phi 18,5$ R840-185500-30-A0A GC1220 Sandvik; 391822</i>														
T 31	<i>Фреза резьбовая 327R09-18 250MM-TH GC1025 Sandvik, 393400 Калибр.</i>														
32															
A 33	<i>XX XX XX 025 4260 Фрезерная</i>														
B 34	<i>381210 Фрезерный с ЧПУ JET JTM949TS 3 17335 422 1P 1 1 1 800 1 0,39</i>														
O 35	<i>Сверлить поверхность 19, фрезеровать поверхность 17, нарезать резьбу поверхность 18 в размер</i>														
O 36	<i>M14^{+0,1} 14,5^{+0,4} 10^{+0,15} R5^{+0,12} 6^{+0,12}</i>														
T 37	<i>396131 Тиски самоцентрирующие; 391213 Сверло $\phi 9,25$ R841-0925-30-A1A GC1020 Sandvik; 391822</i>														
T 38	<i>Фреза резьбовая R21C120150AC22N GC1630 Sandvik; 391822 Фреза концевая $\phi 10$ R216.12-10030-BS11P</i>														
T 39	<i>GC1630 Sandvik; 393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89; 393400 Калибр.</i>														
40															
A 41	<i>XX XX XX 030 4110 Токарная</i>														
МК															

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа										
						Код, наименование оборудования	СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз
А 69					381101 Токарный HAAS SL-10	3	18217	312	1P	1	1	1	800	1		0,23
Б 70					Точить поверхности 2, 3, 7 в размер $\phi 18,986^{+0,07}$, $198^{+0,4}$, $131^{+0,4}$, $1^{+0,1} \times 45^\circ$.											
О 71					396190 Патрон 3-х кулачковый специальный; 392841 Центр упорный №3 ГОСТ8742-75; 392101 Резец											
Т 72					контурный специальный Т5К10; 393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89.											
73																
А 74					XX XX XX 035 4110 Токарная											
Б 75					381101 Токарный HAAS SL-10	3	18217	312	1P	1	1	1	800	1		0,42
О 76					Точить поверхности 8, в размеры $\phi 44,99^{+0,1}$.											
Т 77					396190 Патрон 3-х кулачковый специальный; 392841 Центр упорный №3 ГОСТ8742-75; 392101 Резец											
Т 78					контурный специальный Т5К10; 393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89.											
79																
А 80					XX XX XX 040 Термическая.											
81																
А 82					XX XX XX 045 4142 Центрошлифовальная											
Б 83					381317 Центрошлифовальный 3922	3	18873	312	1P	1	1	1	800	1		0,59
О 84					Шлифовать поверхности 21, 16 в размер $\phi 4,5^{+0,010}$, $\phi 35,7^{+0,010}$.											
Т 85					396171 Тиски самоцентрирующие специальные; 397120 Шлифовальная головка АГК ГОСТ2447-82;											
Т 86					393610 Шаблон.											
87																
А 88					XX XX XX 050 4131 Шлифовальная											
Б 89					381311 Круглошлифовальный 3А151	3	18873	312	1P	1	1	1	800	1		1,58
О 90					Шлифовать поверхность 3 в размер $\phi 18,645^{+0,027}$.											
Т 91					396190 Патрон поводковый; 392841 Центр упорный ГОСТ8742-75; 39810 Круг шлифовальный;											
МК																

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

A	Цех	Уч	PM	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа									
						Код, наименование оборудования	СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт
Т 117	<i>396190 Патрон паводковый; 392841 Центр цпорный ГОСТ8742-75; 39810 Крцг эластичный;</i>														
Т 118	<i>393421 Микрометр МР-70 ГОСТ6507-90.</i>														
119															
А 120	<i>XX XX XX 075 4191 Полировальная</i>														
Б 121	<i>381337 Полировальный 3890 3 18873 312 1Р 1 1 1 800 1 2,83</i>														
О 122	<i>Полировать поверхность 8 в размер, φ44,39_{0,016}.</i>														
Т 123	<i>396190 Патрон паводковый; 392841 Центр цпорный ГОСТ8742-75; 39810 Крцг эластичный;</i>														
Т 124	<i>393421 Микрометр МР-70 ГОСТ6507-90.</i>														
125															
А 126	<i>XX XX XX 080 Маечная.</i>														
127															
А 128	<i>XX XX XX 085 Контрольная.</i>														
129															
130															
131															
132															
133															
135															
136															
137															
138															
139															
140															
МК															

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 2118-82										Форм 1			
Дубл.													
Взам.													
Подп.													
Разраб.	Свищунов			ТГУ									
Проверил	Козлов			Кафедра ОТМП									
Н.контр.				Оправка						Цех	Уч.	Р.М.	Опер.
Наименование операции		Материал			Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры			МВ	КОИД	
Токарная		Сталь 20Х ГОСТ 19281-71				166	13	#5187x208,94			182	1	
Оборудование, устройства ЧПУ		Обозначение программы			то	тв	тгв	тип	сож				
НААС SL-10					0,14			0,21	Ужинал-1				
		пи	о или в	L	f	i	s	п	v				
01	1. Установить заготовку												
Т.02	396190 Патрон 3-х кулачковый специальный; 392841 Центр упорный №3 ГОСТ8742-75; 392101 Резец												
Т.03	контурный специальный Т5К10; 3933М Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89.												
0.04	2. Точить поверхности выдерживая размеры согласно эскиза.												
Р.05		1			3,2		0,3	2000	193				
06	3. Открепить, снять деталь с приспособления, положить на тележку.												
07													
08													
09													
10													

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 2118-82										Форм 1			
Дубл.													
Взам.													
Подп.													
Разраб.	Свищунов			ТГУ									
Проверил	Козлов			Кафедра ОТМП									
Н.контр.				Оправка						Цех	Уч.	Р.М.	Опер.
Наименование операции		Материал			Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры			МВ	КОИД	
Фрезерная		Сталь 20Х ГОСТ 19284-71				166	13	#5187x208,94			182	1	
Оборудование, устройства ЧПУ		Обозначение программы			то	тв	тгв	тип	слож				
JET JTM949TS					0,3			0,39	Укринол-1				
		пи	о или в	L	r	i	s	п	v				
01	1. Установить заготовку												
T _{за}	396131 Тиски самоцентрирующие; 391213 Сверло $\phi 9,25$ R841-0925-30-A1A GC1020 Sandvik; 391822												
T _{об}	Фреза резьбовая R21.C120150AC22N GC1630 Sandvik; 391822 Фреза концевая $\phi 10$ R216.12-10030-												
T _{ок}	BS11P GC1630 Sandvik.												
02	2. Точить поверхности выдерживая размеры согласно эскиза.												
P _{за}	1				4,0		0,05	4800	74				
P _{от}	2				4,5		0,1	1500	26				
P _{ок}	3				1,5		0,06	2300	164				
03	3. Открепить, снять деталь с приспособления, положить на тележку.												
12													

Приложение Б

Спецификации к сборочным чертежам

Таблица Б.1 – Спецификации к сборочным чертежам

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Перв. примен.			
									Формат	Зона	Лист	
						<u>Документация</u>						
					A1	24.БР.ОТМП.167.65.00.000СБ	Сборочный чертеж					
						<u>Детали</u>						
					A3	1	24.БР.ОТМП.167.65.00.001	Корпус	1			
					A4	2	24.БР.ОТМП.167.65.00.002	Ползушка	2			
					A4	3	24.БР.ОТМП.167.65.00.003	Ползун	2			
					A4	4	24.БР.ОТМП.167.65.00.004	Вкладыш	2			
					A2	5	24.БР.ОТМП.167.65.00.005	Призма	4			
					A3	6	24.БР.ОТМП.167.65.00.006	Опора	1			
					A3	7	24.БР.ОТМП.167.65.00.007	Гайка трап 25x2-6g	2			
					A4	8	24.БР.ОТМП.167.65.00.008	Втулка	2			
					A3	9	24.БР.ОТМП.167.65.00.009	Втулка	2			
					A2	10	24.БР.ОТМП.167.65.00.010	Фланец	2			
					A3	11	24.БР.ОТМП.167.65.00.011	Винт 25x2-6g	2			
					A3	12	24.БР.ОТМП.167.65.00.012	Муфта	1			
					A3	13	24.БР.ОТМП.167.65.00.013	Планка	2			
					A4	14	24.БР.ОТМП.167.65.00.014	Корпус упора	1			
							<u>Стандартные изделия</u>					
						15	Шпонка ГОСТ23360-78	1				
						16	Винт М5x10 ГОСТ17476-84	2				
						17	Уплотнение ГОСТ 1567-64	1				
					24.БР.ОТМП.167.65.00.000							
					Приспособление станочное				Лит. 1 Лист 2			
					ТГУ, ИМ зр. ТМдп-1901дс							
					Копировал				Формат А4			

Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.1

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Инд. № подл.	Взам. инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Взам. инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата	
		18		Подшипник 46085 ГОСТ 6874-78	2															
		19		Шпонка ГОСТ23360-78	1															
		20		Винт М5х20 ГОСТ 17476-80	4															
		21		Винт М5х15 ГОСТ 17476-80	2															
		22		Винт М10х32 ГОСТ 17475-80	2															
		23		Винт М10х30 ГОСТ 17475-80	4															
		24		Винт М10х30 ГОСТ11738-84	4															
		25		Винт М3х10 ГОСТ11738-84	1															
		26		Штифт 4х10 ГОСТ 12207-79	1															
		27		Опора постоянная 7034-0261 ГОСТ1344-68	1															
		28		Шпонка ГОСТ23360-78	1															
																24.БР.ОТМП.167.65.00.000				Лист
																				2
																Копировал				Формат А4

